



TUGAS AKHIR - SF 141501

**Aplikasi Hukum Archimedes Sebagai Pengukur
berat Benda diatas Kapal Berbasis Arduino Uno
menggunakan *Rotary Encoder***

**SYARIFUDDIN HIDAYATULLOH
NRP 1110 100 057**

**Dosen Pembimbing:
Drs. Bahtera Indarto, M.Si
Drs. Hasto Sunarno, M.Si**

**JURUSAN FISIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - SF 141501

**Application of Archimedes' Law for Measuring
Mass of Object on Ship Based on Arduino Uno
with Rotary Encoder**

**SYARIFUDDIN HIDAYATULLOH
NRP 1110 100 057**

**Advisor:
Drs. Bahtera Indarto, M.Si
Drs. Hasto Sunarno, M.Si**

**DEPARTMENT OF PHYSICS
Faculty of Mathematics and Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015**

**Aplikasi Hukum Archimedes sebagai Pengukur Berat
Benda Di Atas Kapal Berbasis Arduino Uno
Menggunakan *Rotary Encoder***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Bidang Fisika Instrumentasi
Program Studi S-1 Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**SYARIFUDDIN HIDAYATULLOH
NRP 1110 100 057**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

**Drs. Bahtera Indarto, M.Si
NIP. 19610404 199102.1.001**

(.....)

**Drs. Hasto sunarno, M.Sc
NIP. 195603311980031001**



Surabaya, Januari 2014

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RANCANG BANGUN APLIKASI HUKUM ARCHIMEDES SEBAGAI PENGUKUR BERAT BENDA DI ATAS KAPAL BERBASIS *ROTARY* *ENCODER* MENGGUNAKAN ARDUINO UNO

Nama : Syarifuddin Hidayatullah
NRP : 1110100057
Jurusan : Fisika, FMIPA-ITS
Pembimbing : Drs. Bachtera Indarto, M.Si
Drs. Hasto sunarno, M.Si

Abstrak

Telah dilakukan penelitian aplikasi hukum Archimedes sebagai pengukur berat benda pada kapal berbasis Arduino menggunakan Rotary encoder. prinsip dari hukum Archimedes yaitu berat benda yang tenggelam sama dengan berat benda yang dipindahkan, untuk mengetahui berat benda pada kapal dapat dilihat dan dihitung melalui kenaikan level air pada kapal, penelitian ini memakai Rotary encoder sebagai sensor pendeteksi gerak dan posisi yang disambungkan melalui bandul sebagai pemutar, sehingga berat benda tergantung pada level air yang terbaca. Penelitian ini dilakukan dengan tiga kali pengulangan pengambilan data. Dalam tugas akhir ini, penggaris merupakan kalibrator dari sensor yang telah dirancang. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, alat yang dirancang mampu mengukur level air dengan baik, dengan ketelitian level air adalah mm, dengan rata-rata keseksamaan sebesar 99,39% dengan error rata-rata 1,24% dan hasil rata-rata pengukuran berat benda dengan alat sebesar $(0,83 \pm 0,0149)$ Kg dan rata-rata kenaikan level tiap pertambahan $\Delta V = 500$ ml adalah $(3,2 \pm 0,14)$ mm sehingga dari setiap pembacaan satu pulsa menghitung berat $(0,25 \pm 0,003)$ Kg

Kata kunci : Rotary encoder, Level air.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DESIGN AND DEVELOPMENT OF ARCHIMEDES' LAW FOR MEASURING MASS OF OBJECT ON SHIP BASED ON ARDUINO UNO WITH ROTARY ENCODER

Name : Syarifuddin Hidayatulloh
NRP : 1110100057
Major : Physics, FMIPA-ITS
Advisor : Drs. Bachtera Indarto, M.Si
Drs. Hasto Sunarno, M.Si

Abstract

Research has done legal application Archimedes as a measuring heavy object at ship based Arduino Uno using Rotary encoder. the principle of Archimedes namely legal weight that sinks object equal to the weight of the displaced object, to know heavy object on a ship can be seen and counted through the increase in the water level on a ship, this research wearing Rotary encoder as detection sensor of motion and position of being plugged through pendulum as player, so that heavy object depends on the water level that reads. The study is done by three orders of the repetition of the collection of data. In duty the last of these, a rule is calibrator from sensor has been designed. From the research that has been done, instrument designed capable of measuring the water level well, with carefulness the water level is 1 mm, and with average exactitude is 99,36% and average error is 1,24%. and the results averaged measurements of body weight measurements by means of $(0.83 \pm 0,014)$ kg with an average increase in the level of each increment $\Delta V = 500$ ml is $(3,2 \pm 0,14)$ mm. so that from each reading of the pulse can calculate the weight of (0.253 ± 0.003) kg.

Key word : Rotary Encoder, Water level..

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, rasa syukur yang begitu mendalam penulis panjatkan kepada Allah Ta'ala yang telah mencurahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini beserta laporannya. Sholawat serta salam tak lupa penulis lantunkan kepada insan panutan sepanjang zaman, Nabi Muhammad SAW yang selalu menjadi motivator penulis dalam menjalani kehidupan ini.

Laporan Tugas Akhir ini penulis susun sebagai syarat menyelesaikan pendidikan strata satu Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas Akhir ini ditulis dengan judul :

“RANCANG BANGUN APLIKASI HUKUM ARCHIMEDES SEBAGAI PENGUKUR BERAT BENDA DI ATAS KAPAL BERBASIS ROTARY ENCODER MENGUNAKAN ARDUINO UNO”

Begitu banyak suka dan duka yang telah alami demi menyelesaikan pendidikan di kampus perjuangan ini. Namun, berkat dukungan dan doa banyak pihak akhirnya penulis mampu menyelesaikannya.

Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak tersebut terutama kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Wartono dan Ibu Sumarnik yang telah mendidik penulis sejak kecil,
2. Segenap guru penulis di Madrasah Miftahul Ulum Pedagangan, Madrasah Walisongo Pedagangan, dan SMA AL-AZHAR menganti serta Ponpes Darul Ihsan yang telah membina keimanan, keislaman, dan keilmuan penulis,
3. Bapak Drs. Bahtera Indarto, M.Si yang telah membimbing penulis dalam tugas akhir, Dr. M. Zainuri, M.Sc yang telah menjadi dosen wali, membimbing dan mengarahkan penulis selama di ITS, serta segenap dosen S1 Fisika ITS dan dosen-

- dosen ITS beserta jajarannya yang telah memperluas cakrawala pengetahuan dan wawasan penulis,
4. Teman-teman Cosmic 2010 Fisika ITS, Himasika ITS, Teman-teman kombong robot cerdas FMIPA ITS, Kelompok Belajar optoelektronika FISIKA ITS, serta EkspresiX Super Team FMIPA ITS yang telah menjadi sahabat terbaik penulis selama di ITS dan semoga seterusnya,
 5. Mas Fahrudin dan segenap warga KOMBONK yang telah mewarnai kehidupan penulis selama di Surabaya,
 6. Okok Wijaya yang menjadi teman curhat penulis selama di ITS
 7. Segenap rakyat Indonesia dan pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dan mendoakan penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

Kepada pihak-pihak tersebut penulis hanya mampu mengucapkan terima kasih teriring doa semoga Allah memberikan balasan kebaikan yang berlipat ganda.

Tiada gading yang tak retak, begitu pula laporan Tugas Akhir ini pastilah banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf kepada para pembaca beserta kritik dan saran demi perbaikan ke depannya. Akhir kata, semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua baik di dunia maupun di akhirat.

Surabaya, Desember 2014

Penulis
Syarif3dayat@gmail.com

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
<i>Cover Page</i>	ii
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	v
<i>Abstract</i>	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xv
Daftar Lampiran	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hukum Archimedes	5
2.1.1 Benda diam Terapung	6
2.2 <i>Rotary Encoder</i>	7
2.2.1 <i>Incremental Rotary Encoder</i>	7
2.3 Arduino Uno	11
2.4 Catu Daya (<i>Power Supply</i>)	13
2.5 <i>Optocoupler</i>	13
2.6 Gerak Rotasi	15
2.6.1 Kecepatan sudut	15
2.6.2 Torsii	17

BAB III METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan	19
3.2 Langkah Kerja	
3.2.1 Langkah Kerja Penelitian	19
3.2.2 Perencanaan dan Pembuatan Alat Ukur	19
3.2.3 Diagram Alir Alat Ukur	21

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Hardware	25
4.2 Karakterisasi sensor	30
4.3 pengukuran alat ukur	32
4.4 Perhitungan error	34

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37

DAFTAR PUSTAKA	39
BIOGRAFI PENULIS	59

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 data kalibrator	21
Tabel 4.2 data Karakterisasi sensor	22
Tabel 4.3 data hasil pengukuran	24

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagan Skematik Rotary Encoder	7
Gambar 2.2	Sinyal Keluran <i>Encoder</i> sesuai Arah Putaran	7
Gambar 2.3	Autonics <i>Rotary Incremental Encoder</i> 500P/R.....	8
Gambar 2.4	Board Arduino Uno.....	10
Gambar 2.5	Rangkaian Catu Daya.....	10
Gambar 2.6	Rangkaian <i>Optocoupler</i>	12
Gambar 3.1	Diagram Alir Langkah Kerja Penelitian	16
Gambar 3.2	Blok Diagram Sistem Pengukuran	17
Gambar 3.3	Diagram Alir Sistem Pengukuran Level Air	18
Gambar 4.1	Grafik diagram blok	19
Gambar 4.2	skema kapal dan kolam tampak atas	20
Gambar 4.3	Skema alat ukur kalibrasi sensor.....	22
Gambar 4.4	grafik nilai rata-rata data kalilbrator terhadap penambahan volume beban	23
Gambar 4.5	Grafik hubungan antara banyak pulsa yang diukur terhadap penambahan level air	26
Gambar 4.6	Gambar perancangan alat.....	26

DAFTAR PUSTAKA

- Armawati, Nuning. 2013. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Level Air Dalam Proses Pengolahan Air Bersih pada Biosand filter*. Surabaya : ITS.
- Freden, Jacob. 2003. *Handbook Of Modern Sensor, Physics, Designs, and Application*. Springer. San Diego USA.
- Ginting, Suriadi. 2009. Sensor Pyrometer sebagai alat ukur Temperatur. Yogyakarta : Univ. Andalas.
- Ian R, Sinclair. 1988. *Sensor and Tranduser A Guide for Technicians*. Great Britain. Newres.
- Nuzula, Nike Ika. 2013. *Perancangan dan Pembuatan Alat Ukur Kekeruhan Air Berbasis Mikrokontroller ATmega 8535*. Surabaya : ITS.
- Quintans, C dkk. 2010. *Developing of Low Cost Capacitive Sensors for Laboratory Classes*. Spain : Department of Electronic Technology, University of Vigo.
- Syarif, Muhammad.& A. Firdauliah. 2009. “*Sistem Pembacaan Kecepatan Putaran Motor Berbasis Rotary Encoder*”. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin: Makassar
- Waluyanti,Sri dkk. 2008. *Alat Ukur dan Teknik Pengukuran*. Penerbit direktorat pembinaan sekolah menengah kejuruan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA



Syarifuddin H, dilahirkan di Gresik, 22 juni 1992, anak kedua dari 2 bersaudara. Pendidikan formal penulis ditempuh di MI MIFTAHUL ULUM Pedagangan Wringinanom (1998-2004), MTs WALISONGO Pedagangan Wringinanom Gresik (2004-2007), SMA AL-AZHAR Menganti (2007-2010), dan Jurusan Fisika ITS Surabaya (2010-2015). Pendidikan penulis di perguruan tinggi ditempuh melalui beasiswa Jalur SNMPTN, Penulis pernah aktif dalam Organisasi madrasah (2008-2010), Himasika ITS (2012-2013), penulis juga aktif dalam organisasi kemasyarakatan. Saat ini penulis aktif melakukan riset. Penulis juga aktif sebagai pengajar di lembaga pendidikan islam AL-AZHAR menganti. Penulis juga mempunyai pengalaman kerja di PJB UBJOM pacitan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fisika merupakan ilmu yang mempelajari gejala-gejala fisis yang ada di alam yaitu ilmu yang mempelajari tentang gerak, bunyi, panas, listrik dan magnet dan lain sebagainya. Salah satu fenomena alam yang sering ditemukan yaitu fluida. Hukum-hukum fisika dalam fluida statis sering dimanfaatkan untuk kesejahteraan hidup manusia misalnya saja prinsip Hukum Pascal dan Hukum Archimedes. Akan tetapi prinsip-prinsip hukum tersebut belum banyak diketahui oleh masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan studi yang lebih mendalam mengenai Hukum Pascal dan Hukum Archimedes serta penerapannya dalam kehidupan.

Sejalan dengan perkembangan teknologi aplikasi ilmu fisika, kini telah berkembang berbagai komponen elektronik seperti sensor dan *actuator* sebagai peralatan antarmuka dengan dunia fisik. Dalam banyak kasus perangkat teknologi membutuhkan adanya perangkat sensor untuk mendeteksi pergerakan maupun perubahan yang disebabkan oleh gejala-gejala fisis yang ada di alam maupun buatan.

Selanjutnya sensor tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengukur pergerakan dan tingkah laku fluida. Misalnya untuk mengukur berat suatu benda pada kapal yang berada di atas air, salah satu sensor yang digunakan adalah *Rotary Encoder*. Dalam tugas akhir ini akan dibuat suatu alat ukur level air dengan menggunakan *Rotary Encoder* yang dikontrol menggunakan Arduino Uno yang dikomunikasikan dengan komputer dan didasarkan pada prinsip-prinsip fisika dan Hukum Archimedes.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang diangkat pada pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana membuat alat ukur level ketinggian air menggunakan menggunakan *Rotary Encoder*.
2. Bagaimana *Rotary Encoder* dapat mengukur level ketinggian air.
3. Bagaimana perhitungan berat suatu benda di atas kapal yang dihitung dari level ketinggian air.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Pada tugas akhir ini kapal berbentuk balok yang terbuat dari plastik yang sudah diketahui dimensinya.
2. Tempat terapunya kapal merupakan luasan yang terbatas yang terbuat dari plastic yang dimensinya sudah diketahui.
3. *Hardware* kontrol memakai Arduino Uno.
4. Bahasa pemrograman yang dipakai adalah bahasa pemrograman arduino.
5. *Rotary encoder* yang digunakan adalah *Autonic Rotary Encoder E50S8*.
6. Pelampung yang digunakan terbuat dari material PVC (*Polyvinyl Chloride*).
7. Penelitian hanya mengukur ketinggian dari level air.
8. Beban yang digunakan adalah aquades.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Untuk membuat alat ukur berat benda pada kapal sesuai hukum Archimedes menggunakan *Rotary Encoder*.
2. Untuk mengukur berat suatu benda pada kapal yang berada di dalam air.
3. Untuk mengetahui prinsip kerja *Autonics Rotary Encoder* pada pengukuran level air serta menganalisis performa alat yang telah dibuat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah terciptanya sebuah sistem pengukuran yang bisa digunakan untuk mengetahui level air dan untuk mengetahui berat tongkang yang berada di atas air.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari uraian singkat yang berisi gambaran umum dari penelitian ini. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab II tinjauan pustaka berisi tentang landasan teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian yang dilakukan. Bab III berisikan metodologi penelitian yang dilakukan. Bab IV analisis data dan pembahasannya serta Bab V kesimpulan dan saran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hukum Archimedes

Hukum Archimedes menyatakan bahwa sebuah benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya ke dalam zat cair akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkannya. Sebuah benda yang tenggelam seluruhnya atau sebagian dalam suatu fluida akan mendapatkan gaya angkat ke atas yang sama besar dengan berat fluida yang dipindahkan. Besarnya gaya ke atas menurut Hukum Archimedes ditulis dalam persamaan berikut.

$$F_a = \rho V g \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan:

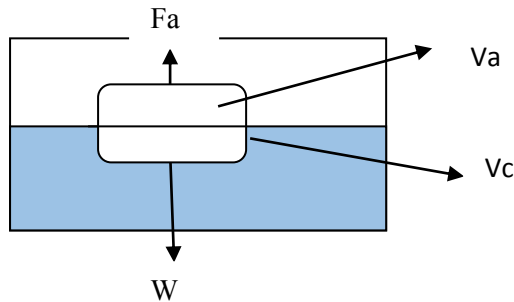
- F_a = gaya ke atas (N)
- V = volume benda yang tercelup (m^3)
- ρ = massa jenis zat cair (kg/m^3)
- g = percepatan gravitasi (N/kg)

penjumlahan gaya pada arah sumbu vertikal dalam keadaan setimbang adalah nol, yaitu

$$\begin{aligned} \sum F_y &= F_a - W \dots\dots\dots (2.2) \\ \sum F_y &= 0 \end{aligned}$$

Pada hukum Archimedes terdapat tiga kondisi dimana sebuah benda yang dicelupkan ke dalam fluida dapat terapung, melayang dan tenggelam, pada penelitian ini benda yang dimasukkan ke dalam fluida termasuk pada kondisi yang pertama yaitu benda terapung.

2.1.1 Benda diam terapung



Gambar 2.1 skema benda terapung

dari gambar 2.1 dapat dilihat bahwa benda tidak seluruhnya tercelup kedalam fluida(cairan) melainkan hanya tercelup sebagian, atau benda dapat dikatakan diam terapung, hal itu dikarenakan adanya perbedaan massa jenis antara benda dan fluida(cairan). Penjelasan selengkapnya seperti dibawah ini :

dengan $V_b = V_a + V_c$

$$W = Mg$$

Dimana :

V_a = volume benda yang terapung diatas fluida

V_c = volume benda yang tercelup didalam fluida

V_b = volume benda

M = massa benda

g = percepatan gravitasi

dan berdasarkan persamaan 2.2 bahwa

$$\sum F_y = 0$$

maka

$$\begin{aligned} F_a &= W \\ \rho_f V_f g &= Mg & ; V_f = V_c \\ \rho_f V_c g &= \rho_b V_b g \\ \rho_f V_c &= \rho_b V_b \end{aligned}$$

dimana ;

ρ_f = massa jenis fluida(cairan)

ρ_b = massa jenis benda

karena $V_c < V_b$

maka nilai $\rho_f > \rho_b$,

Sehingga dapat disimpulkan bahwa suatu benda yang tercelup ke dalam fluida (cairan) akan diam terapung jika massa jenis fluida(cairan) lebih besar dari massa jenis benda.

2.2 Rotary Encoder

Rotary encoder umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh *rotary encoder* untuk diteruskan oleh rangkaian kendali. *Rotary encoder* tersusun dari suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan. LED ditempatkan pada salah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan. Di sisi yang lain suatu *photo-transistor* diletakkan sehingga *photo-transistor* ini dapat mendeteksi cahaya dari LED yang berseberangan.

Apabila posisi piringan mengakibatkan cahaya dari LED dapat mencapai *photo-transistor* melalui lubang-lubang yang ada, maka *photo-transistor* akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan suatu pulsa gelombang persegi (muhammad dkk, 2010).

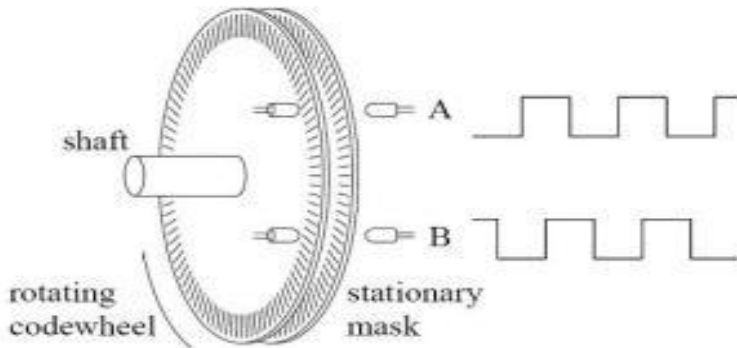
Jenis Rotary encoder ada dua macam yang pertama adalah absolute encoder dan incremental encoder, Pada penelitian ini Rotary yang digunakan adalah jenis incremental seperti penjelasan dibawah ini:

2.2.1 Incremental rotary encoder

Incremental encoder terdiri dari dua track atau single track dan dua sensor yang disebut channel A dan B (Gambar 2.2). Ketika poros berputar, deretan pulsa akan muncul di masing-

masing channel pada frekuensi yang proporsional dengan kecepatan putar sedangkan hubungan fasa antara channel A dan B menghasilkan arah putaran. Dengan menghitung jumlah pulsa yang terjadi terhadap resolusi piringan maka putaran dapat diukur. Untuk mengetahui arah putaran, dengan mengetahui channel mana yang leading terhadap channel satunya dapat kita tentukan arah putaran yang terjadi karena kedua channel tersebut akan selalu berbeda fasa seperempat putaran (quadrature signal). Seringkali terdapat

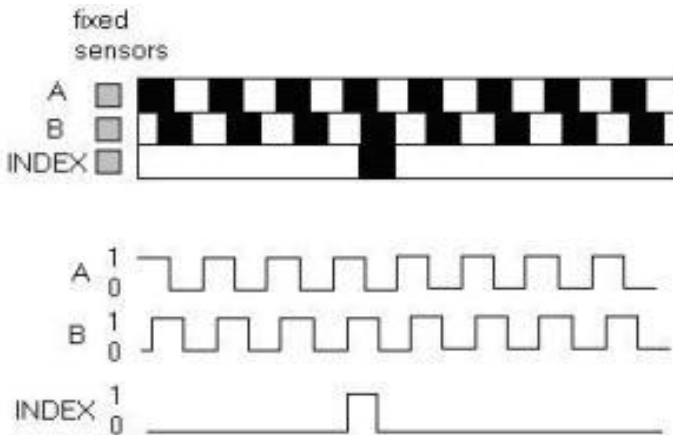
output channel ketiga, disebut index, yang menghasilkan satu pulsa per putaran berguna untuk menghitung jumlah putaran yang terjadi.



Gambar 2.2. susunan piringan untuk incremental encoder

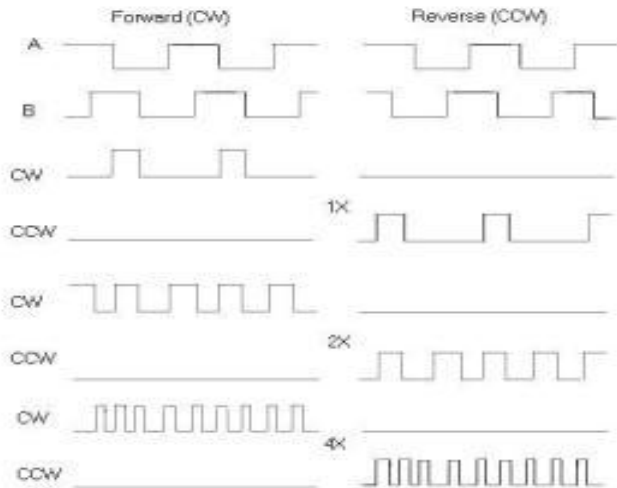
Pada Gambar 2.2 menunjukkan prinsip dasar Rotary encoder dengan menggunakan dua buah LED dan sensor yang dipisah oleh piringan berlubang.. lubang pada piringan menunjukkan banyaknya pembacaan sinyal oleh sensor pototransistor yang dipancarkan oleh LED, pembacaan sinyal juga menggambarkan berapa banyak pulsa yang akan dihasilkan oleh Rotary encoder.yang artinya jumlah lubang pada piringan suatu Rotary encoder menggambarkan berapa

banyak pulsa yang akan dihasilkan.keluaran dari Rotary encoder berbentuk biner atau bernilai 1 dan 0, biasanya juga dianalogikan dengan gelap terang, pola keluaran Rotary encoder ditunjukkan seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2 3 Contoh pola keluaran icremental encoder

Gambar 2.3 menunjukkan Contoh pola diagram keluaran dari suatu incremental encoder dan Resolusi keluaran dari sinyal quadrature A dan B dapat dibuat beberapa macam, yaitu 1X, 2X dan 4X. Resolusi 1X hanya memberikan pulsa tunggal untuk setiap siklus salah satu siny A atau B, sedangkan resolusi 4X memberikan pulsa setiap transisi pada kedua sinyal A dan B menjadi empat kali resolusi 1X. Arah putaran dapat ditentukan melalui level salah satu sinyal selama transisi terhadap sinyal yang kedua. Pada contoh resolusi 1X, A = arah bawah dengan B = 1 menunjukkan arah putaran searah;le jarum jam, sebaliknya B = arah bawah dengan A = 1 menunjukkan arah berlawanan jarum jam. Pola keluaran dari suatu incremental Rotary encoder dapat ditunjukkan seperti gambar berikut.



Gambar 2.4 output dan arah putaran pada resolusi yang berbeda

Gambar 2.4 menunjukkan output dari Rotary encoder yang diberikan variasi resolusi 1x,2x dan 4x. arah putarannya juga dapat diketahui melalui sinyal mana yang mendahului yaitu sinyal A atau sinyal B.



Gambar 2.5 Autonics Rotary Incremental Encoder 500P/R.

Gambar 2.5 merupakan enkoder dengan resolusi 500P/R yaitu dalam satu kali rotasi akan menghasilkan pulsa sebanyak 500 kali. *Output* dari encoder ini selanjutnya, dihubungkan dengan pin interupsi dari mikrokontroler untuk dihitung pulsanya, yang merupakan representasi dari putaran piringan yang terhubung dengan motor penggerak (muhammad dkk, 2010).

2.3 Arduino Uno

Arduino merupakan sebuah platform komputasi fisik yang bersifat open source dimana Arduino memiliki input/output (I/O) yang sederhana yang dapat dikontrol menggunakan bahasa pemrograman. Arduino dapat dihubungkan keperangkat seperti komputer. Bahasa pemrograman yang digunakan pada Arduino adalah bahasa pemrograman C yang telah disederhanakan dengan fitur-fitur dalam library sehingga cukup membantu dalam pembuatan program. Ada dua bagian utama pada Arduino, yaitu hardware dan software. *Hardware* arduino merupakan papan elektronik yang biasa disebut dengan mikrokontroler sedangkan software arduino yang digunakan untuk memasukkan program yang akan digunakan untuk menjalankan arduino tersebut. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C.

Board Arduino Uno memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut :

- 1,0 pinout: tambah SDA dan SCL pin yang dekat ke pin aref dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat ke pin RESET, dengan IO REF yang memungkinkan sebagai buffer untuk beradaptasi dengan tegangan yang disediakan dari board sistem. Pengembangannya, sistem akan lebih kompatibel dengan Prosesor yang menggunakan AVR, yang beroperasi dengan 5V dan dengan Arduino Karena yang beroperasi dengan 3.3V. Yang kedua adalah pin tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan pengembangannya.
- Circuit Reset

Pemrograman Arduino Uno dapat diprogram dengan menggunakan software Arduino. Software ini bisa didapatkan secara gratis dari website resmi Arduino. Software Arduino yang akan digunakan adalah driver dan IDE. IDE Arduino adalah software yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java IDE Arduino terdiri dari:

1. Editor program, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa processing.
2. *Compiler* sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroller tidak akan bisa memahami bahasa Processing. Yang bisa dipahami oleh mikrokontroller adalah kode biner. Itulah sebabnya *compiler* diperlukan dalam hal ini.
3. *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori di dalam papan Arduino.



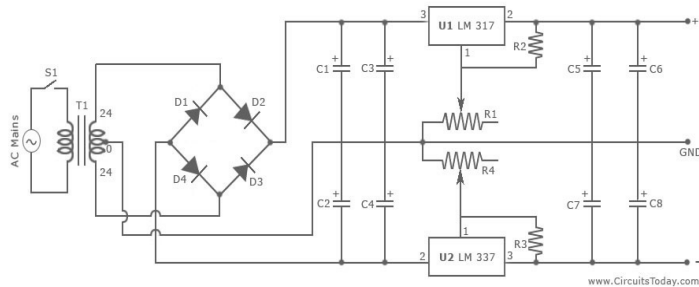
Gambar 2.6 Board Arduino Uno

Gambar 2.6 menunjukkan suatu board mikrokontroller yang menggunakan IC at mega 328 dan juga terdiri dari beberapa komponen elektronik, serta sudah dilengkapi dengan beberapa komunikasi USB ,serial dan lain lain.

2.4 Catu Daya (*Power Supply*)

Catu daya atau adaptor adalah perangkat elektronika yang berfungsi menurunkan dan mengubah tegangan AC (*Alternating Current*) menjadi tegangan DC (*Dirrect Current*) yang dapat di gunakan sebagai sumber tenaga peralatan elektronika.

Dual Adjustable Power Supply Using LM 317 & LM 337



Gambar 2.7 Rangkaian Catu Daya

Gambar 2.7 menunjukkan cara mengubah tegangan bolak balik(AC) menjadi tegangan searah(DC) dimana tegangan dari listrik PLN diturunkan terlebih dahulu menggunakan transformator yang kemudian disearahkan dengan diode dan tegangannya dikonstankan menggunakan IC regulator 78xx dan 79xx. Pada tugas akhir ini power supply digunakan untuk mencatu Arduino Uno, *optocoupler* dan juga *Liquid Crystal Display* (LCD). Power Supply yang dibutuhkan untuk masing-masing perangkat keras tersebut adalah +5V DC sampai +24V DC.

2.5 *Optocoupler*

Optocoupler adalah suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*, yaitu antara bagian cahaya dengan bagian deteksi sumber cahaya terpisah. Biasanya *optocoupler* digunakan sebagai saklar elektrik, yang bekerja secara otomatis. Pada dasarnya, *optocoupler* adalah suatu komponen penghubung (*coupling*) yang bekerja berdasarkan picu cahaya optik. Optocoupler terdiri dari dua bagian yaitu:

1. Pada *transmitter* dibangun dari sebuah LED infra merah. Jika dibandingkan dengan menggunakan LED biasa, LED infra merah memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap

sinyal tampak. Cahaya yang dipancarkan oleh LED infra merah tidak terlihat oleh mata telanjang.

2. Pada bagian *receiver* dibangun dengan dasar komponen *photodiode*. *Photodiode* merupakan suatu transistor yang peka terhadap tenaga cahaya. Suatu sumber cahaya menghasilkan energi panas, begitu pula dengan spektrum infra merah. Karena spektrum inframerah mempunyai efek panas yang lebih besar dari cahaya tampak, maka *photodiode* lebih peka untuk menangkap radiasi dari sinar infra merah.

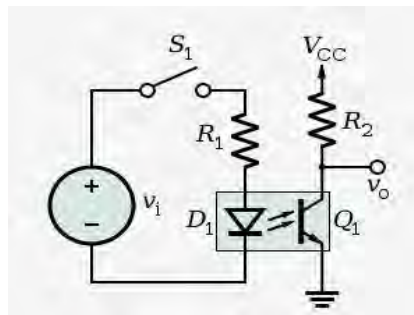
Oleh karena itu *optocoupler* dapat dikatakan sebagai gabungan dari LED infra merah dengan fototransistor yang terbungkus menjadi satu chips. Cahaya infra merah termasuk dalam gelombang elektromagnetik yang tidak tampak oleh mata telanjang. Sinar ini tidak tampak oleh mata karena mempunyai panjang gelombang, berkas cahaya yang terlalu panjang bagi tanggapan mata manusia. Sinar infra merah mempunyai daerah frekuensi 1.10^{12} Hz sampai dengan 1.10^{14} GHz atau daerah frekuensi dengan panjang gelombang $1\mu\text{m} - 1\text{mm}$.

LED infra merah ini merupakan komponen elektronika yang memancarkan cahaya infra merah dengan konsumsi daya sangat kecil. Jika diberi bias maju, LED infra merah yang terdapat pada *optocoupler* akan mengeluarkan panjang gelombang sekitar $0,9\mu\text{m}$.

Proses terjadinya pancaran cahaya pada LED infra merah dalam *optocoupler* adalah sebagai berikut. Saat dioda menghantarkan arus, elektron lepas dari ikatannya karena memerlukan tenaga dari catu daya listrik. Setelah elektron lepas, banyak elektron yang bergabung dengan lubang yang ada di sekitarnya (memasuki lubang lain yang kosong). Pada saat masuk lubang yang lain, elektron melepaskan tenaga yang akan diradiasikan dalam bentuk cahaya, sehingga dioda akan menyala atau memancarkan cahaya pada saat dilewati arus. Cahaya infra merah yang terdapat pada *optocoupler* tidak perlu lensa untuk memfokuskan cahaya karena dalam satu chip mempunyai jarak yang dekat dengan penerimanya. Pada *optocoupler* yang bertugas

sebagai penerima cahaya infra merah adalah fototransistor. Fototransistor merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai detektor cahaya infra merah. Detektor cahaya ini mengubah efek cahaya menjadi sinyal listrik, oleh sebab itu fototransistor termasuk dalam golongan detektor optik.

Fototransistor memiliki sambungan kolektor–basis yang besar dengan cahaya infra merah, karena cahaya ini dapat membangkitkan pasangan lubang elektron. Dengan diberi bias maju, cahaya yang masuk akan menimbulkan arus pada kolektor. Fototransistor memiliki bahan utama yaitu germanium atau silikon yang sama dengan bahan pembuat transistor. Tipe fototransistor juga sama dengan transistor pada umumnya yaitu PNP dan NPN. Perbedaan transistor dengan fototransistor hanya terletak pada dindingnya yang memungkinkan cahaya infra merah.



Gambar 2.8 Rangkaian *Optocoupler*.

Gambar 2.8 merupakan gambar rangkaian komponen optocoupler yang terdiri dari transmitter yang terbuat dari LED dan receiver yang terbuat dari fototransistor.

2.6 Gerak Rotasi

2.6.1 Kecepatan Sudut dan Percepatan Sudut

Besaran-besaran pada gerak rotasi merupakan koresponden dari besaran-besaran pada gerak translasi. Anggap suatu roda yang berjari r bergerak menggelinding. Jarak yang

ditempuh roda setelah bergerak satu kali putaran penuh adalah s . Jarak s tersebut tidak lain tidak bukan adalah keliling roda.

$$s = 2\pi r \dots\dots\dots (2.3)$$

Nilai 2π pada rumus di atas merupakan besaran sudut dalam satuan radian dimana 1 putaran = $360^\circ = 2\pi$ radian. Jadi persamaan di atas dapat dinyatakan dengan :

$$s = \theta r, \text{ maka } \theta = \frac{s}{r} \dots\dots\dots (2.4)$$

Jika roda tersebut bergerak rotasi menempuh sudut $\Delta\theta$ dalam selang waktu Δt , maka perbandingan antara besar sudut yang ditempuh dengan selang waktunya disebut dengan kecepatan sudut atau kecepatan angular ω .

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan mensubstitusi nilai $\Delta\theta$ akan didapatkan:

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{\frac{\Delta s}{r}}{\Delta t} = \frac{\Delta s}{\Delta t r} \\ \omega &= \frac{v}{r} \dots\dots\dots (2.6) \end{aligned}$$

Persamaan di atas menunjukkan bahwa kecepatan sudut merupakan korespondensi kecepatan pada gerak translasi.

Kemudian jika roda tersebut bergerak dengan kecepatan sudut yang berubah-ubah, maka perbandingan antara perubahan kecepatan sudut $\Delta\omega$ terhadap selang waktu Δt dinamakan dengan *percepatan sudut* atau *percepatan angular* α .

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \dots\dots\dots (2.7)$$

Jika ω disubstitusi dengan $\frac{v}{r}$ akan menghasilkan:

$$\alpha = \frac{\frac{\Delta v}{r}}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta t r}$$

$$\alpha = \frac{a}{r} \dots\dots\dots (2.8)$$

Persamaan tersebut merupakan hubungan antara percepatan sudut dengan percepatan pada gerak translasi.

2.6.2 Torsi

Untuk memutar suatu roda, maka perlu ada suatu gaya yang dikerjakan pada roda tersebut. Namun yang perlu diperhatikan adalah titik tangkap dari gaya yang diberikan tersebut. Gaya tersebut jika dikerjakan sedemikian rupa sehingga garis kerjanya melalui pusat roda, tidak akan membuat roda tersebut berotasi. Jadi agar roda tersebut dapat berputar, maka titik tangkap dari gaya yang diberikan tidak boleh mengenai pusat roda. Sehingga dalam prakteknya nanti muncul jarak antara garis aksi gaya dengan pusat roda. Jarak tersebut adalah vektor \vec{r} . Hasil perkalian kros (\times) antara vektor \vec{r} dengan gaya \vec{F} adalah torsi τ

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \dots\dots\dots (2.9)$$

Torsi inilah yang menjadi penyebab gerak rotasi pada sebuah benda. Nilainya tidak hanya dipengaruhi oleh gaya, tetapi juga oleh jarak garis aksi gaya tersebut dengan pusat rotasi yang disebut *lelang gaya*. Torsi merupakan koresponden dari gaya yang merupakan penyebab gerak translasi.

Dari persamaan torsi di atas maka dapat dinyatakan nilai torsi dengan :

$$\tau = rF \sin \theta \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana θ adalah sudut yang dibentuk vektor \vec{r} dan vektor F

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan dan bahan. Peralatan yang dibutuhkan mencakup perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Adapun perangkat keras yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

1. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno.
2. Satu unit laptop hp Compaq CQ 42 digunakan sebagai pemrograman sekaligus pengambilan data serial dari Arduino Uno.
3. *Liquid Crystal Display* (LCD) digunakan sebagai tampilan dari nilai yang terukur pada serial komputer
4. *Gear* digunakan sebagai pembanding Autonic Rotary encoder
5. *Power Supply* digunakan sebagai pencatu pada Arduino, optocoupler dan liquid crystal display
6. *Autonic Rotary Encoder* digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi perubahan ketinggian level air.
7. Pelampung yang berbentuk bandul.

3.2 Langkah Kerja

Langkah kerja yang dilakukan pada penelitian ini terbagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut.

3.2.1 Langkah Kerja Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini dapat dijelaskan seperti berikut:

1. Studi literatur.

Studi literatur dimulai dengan mencari berbagai macam teori yang sesuai dan mendukung bagi penelitian tugas akhir ini. Studi literature ini bisa dari buku-buku maupun sumber-sumber yang ada di internet.

2. Perancangan perangkat keras dan lunak.

Perancangan perangkat keras dimulai dengan merencanakan alat dan bahan apa yang akan digunakan pada penelitian tugas akhir ini. Hal ini dimulai dari pemilihan sensor, perhitungan *gear* rotor dan bentuk pelampung sampai dengan perancangan sistem yang baik. Sedangkan untuk perancangan perangkat lunak dimulai dengan pemilihan mikrokontroler dan bahasa pemrograman yang dipakai.

3. Pembuatan perangkat keras dan lunak.

Pembuatan perangkat keras dan lunak dibuat setelah perencaan sudah matang.

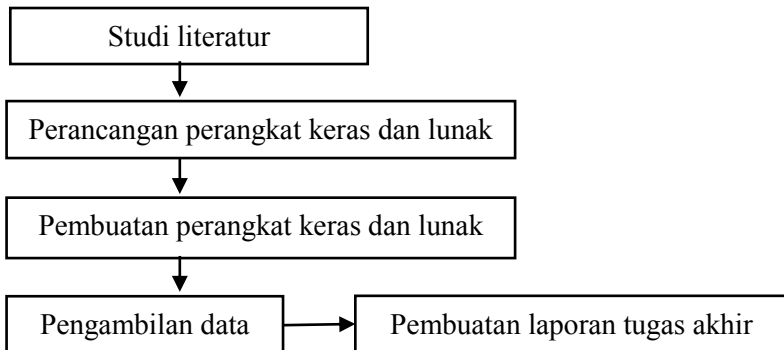
4. Pengambilan data.

Pengambilan data dilakukan setelah sistem dan alat ukur sudah ada. dan pengambilan data dilakukan sesuai dengan yang direncanakan.

5. Penulisan laporan tugas akhir.

Penulisan tugas akhir ini dilakukan setelah semua langkah-langkah sebelumnya sudah dilakukan.

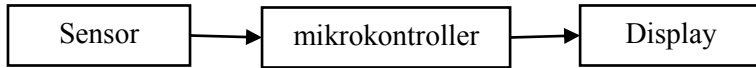
Berdasarkan penjelasan tahapan tersebut, dapat disederhanakan ke dalam diagram alir berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Langkah Kerja Penelitian.

3.2.2 Perencanaan dan Pembuatan Alat Ukur.

Blok diagram sistem alat ukur dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem Pengukuran.

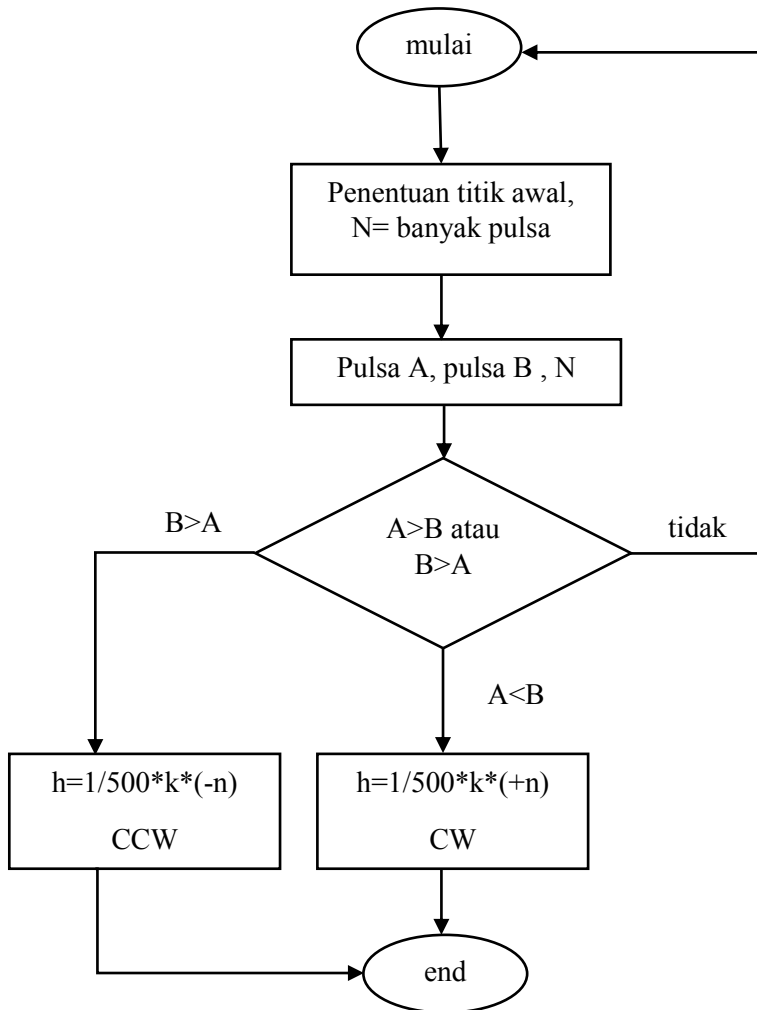
Pada blok diagram Gambar 3.2 menunjukkan untuk masing blok diagram memiliki bagian dan fungsi masing-masing. Bagian sensor terdiri dari *Autonics Rotary Encoder* dan *optocoupler*. Pada tugas akhir ini, *Autonics Rotary Encoder* digunakan sebagai sensor pendeteksi gerak dan posisi dengan keluaran dari sensor berbentuk pulsa.

Pada bagian mikrokontroller terdiri dari Arduino Uno yang berfungsi sebagai mikrokontroller untuk pengendali sistem serta penerima *output* dari sensor dan *optocoupler*, serta sebagai pengirim dan penerima data serial.

Pada bagian display terdiri dari komputer dan *Liquid Crystal Display* (LCD). Komputer dan LCD tersebut berfungsi sebagai penerima data serial dari Arduino dan sebagai tampilan data hasil penelitian.

3.2.3 Diagram Alir Alat Ukur

Pada penelitian tugas akhir ini alur pengambilan data yang dilakukan yaitu terlebih dahulu ditentukan nilai dan parameter-parameter yang digunakan sebagai acuan. Parameter yang digunakan yaitu titik awal banyak pulsa dan pulsa A dan B, dilakukan perbandingan untuk menentukan *Rotary Encoder* bergerak cw atau ccw. Jika cw maka *Rotary Encoder* bergerak searah jarum jam dan bernilai positif. Sebaliknya untuk ccw maka *Rotary Encoder* bergerak berlawanan arah jarum jam. Sehingga dapat digambarkan diagram alir sistem pengukuran level air sebagai berikut.



Gambar 3.3 Diagram Alir Sistem Pengukuran Level Air.

Gambar 3.3 menunjukkan alur pengukuran level dengan menggunakan Rotary encoder, langkah pengukuran level air yang

dilakukan pertama adalah penentuan titik awal kemudian dilakukan pembacaan oleh sensor dan dimana sensor atau pulsa A mendahului pulsa B dalam pembacaan maka Rotary encoder berputar searah putaran jarum jam atau biasa disebut clockwise(CW) sedangkan jika pulsa B mendahului pulsa A dalam pembacaan maka Rotary encoder berputar berlawanan dengan putaran jarum jam atau biasa disebut counter clockwise (CCW).

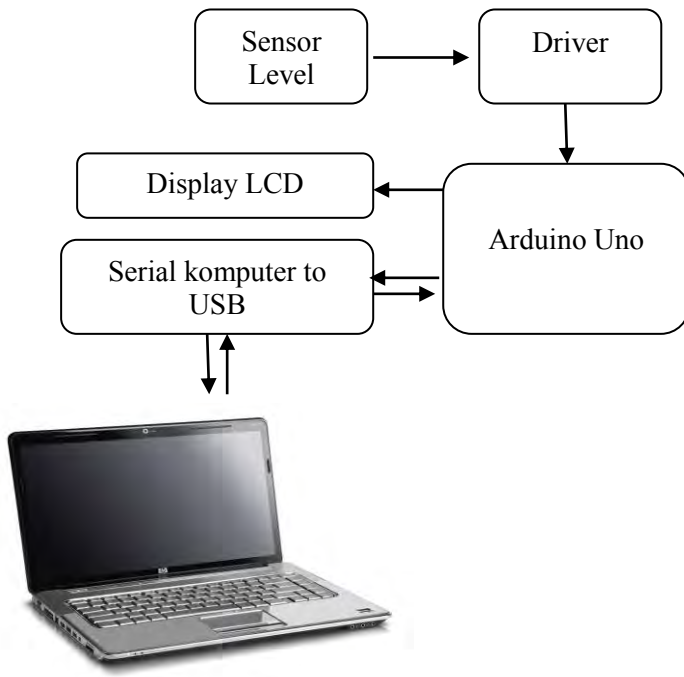
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian hardware dan sensor

Pengujian Hardware pada tugas akhir ini dilakukan berdasarkan tiap blok yang telah dirancang sebelumnya dengan menggunakan skema seperti pada gambar 4.1 berikut :

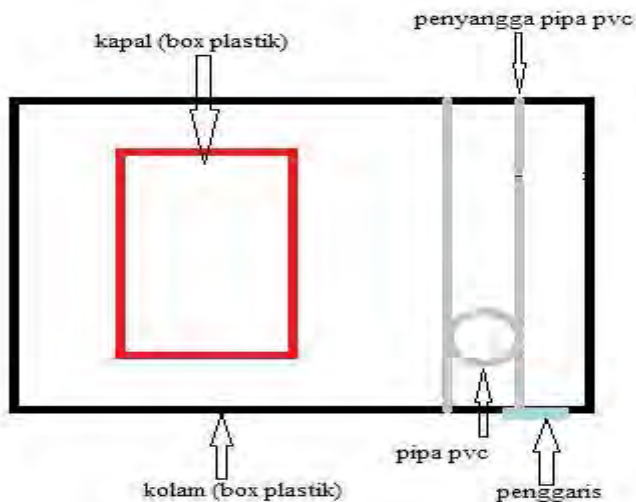


Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem Pengujian Hardware

Sensor level yang digunakan dalam Tugas Akhir ini menggunakan menggunakan Rotary Encoder yang berfungsi sebagai pendeteksi gerak dan posisi, pendeteksi gerak dan posisi

pada encoder ini menggunakan sensor optik untuk menghasilkan pulsa.

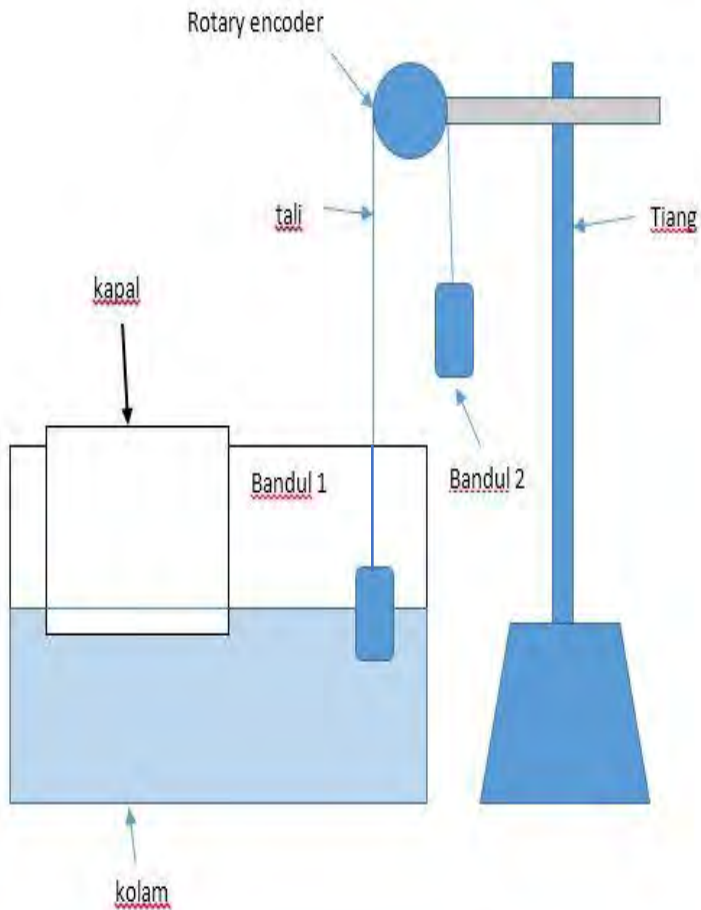
Pada tugas akhir ini penelitian dilakukan menggunakan prototipe kapal dengan wadah plastik, beban yang digunakan adalah air murni (Aquadess), penggunaan aquades bertujuan untuk mempermudah perhitungan untuk menentukan volume yang digunakan untuk menghitung berat benda. Berikut ini desain kapal yang digunakan untuk pengambilan data.



Gambar 4.2 Skema kolam dan kapal tampak atas

Gambar diatas merupakan skema kolam dan kapal tampak atas kotak berwarna hitam merupakan kolam, kotak berwarna merah gambar dari kapal, gambar bulat berwarna abu-abu adalah pipa pvc dan gambar biru muda adalah penggaris. Pada desain prototype pengambilan data diatas digunakan penggaris sebagai acuan serta sebagai kalibrator untuk pengambilan data. Pengambilan data kalibrator ini digunakan untuk mengkalibrasi data yang diperoleh dari alat ukur yang telah dibuat. skema alat

yang dibuat untuk mengkalibrasi sensor Rotary encoder adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3 Skema alat ukur kalibrasi sensor

Pada pengambilan data kalibrator dilakukan lima kali pengambilan data dan didapatkan data seperti yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

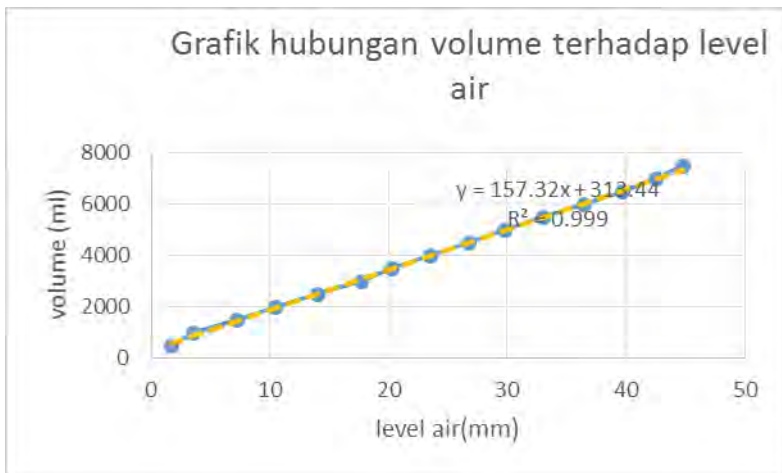
Tabel 4.1 Data kalibrator

data kalibrasi						
No	$(V_0 + \Delta V)$ ml	Pengukuran level(mm)				
		1	2	3	4	5
1	V_0	180	180	180	180	180
2	500	182	182	181	182	182
3	1000	184	184	183	183	184
4	1500	187	188	187	187	187
5	2000	191	191	190	190	190
6	2500	194	195	194	193	194
7	3000	198	198	197	198	198
8	3500	200	201	200	200	201
9	4000	204	204	203	203	204
10	4500	207	207	206	207	207
11	5000	210	210	209	210	210
12	5500	213	213	212	214	212
13	6000	216	216	216	218	217
14	6500	219	220	220	220	219
15	7000	222	223	222	223	221
16	7500	225	225	224	225	226

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa nilai $\Delta V = 500$ ml dan nilai V_0 = volume saat wadah dalam keadaan kosong(kolam hanya terisi oleh wadah yang belum ada isinya)dan $\Delta V=0$,dengan batas $V_0 + \Delta V$ (ml) adalah V_0 sampai 7500 ml. dari tabel diatas dapat dilihat bahwa dengan volume V_0 level yang terukur adalah 180

mm dan seterusnya. Nilai volume wadah dapat diabaikan Karena pada V_0 dapat dianggap sebagai titik awal.

Dari pengambilan data kalibrator diatas dapat dicari nilai rata-rata pada setiap penambahan volume beban. Nilai rata-rata data kalibrator dapat dilihat pada lampiran. Dari Tabel 4.1 diatas dapat dibuat grafik hubungan antara penambahan volume dengan level air. Yang ditunjukkan seperti grafik dibawah ini :



Gambar 4. 4 Grafik hubungan penambahan volume terhadap level air

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa level air linier terhadap penambahan volume beban, semakin banyak beban yang dimasukkan semakin tinggi pula level yang terukur. Pada Tabel 4.1 nilai level yang terukur pada saat $(V_0 + \Delta V)$ ml bernilai V_0 adalah 180, namun pada kondisi ini dianggap titik awal dan bisa dianggap bernilai nol dan dengan persamaan yang didapatkan adalah $y = 157,32x + 313,44$ yang jika diartikan kedalam level yaitu :

$$volume = 157,32(level) + 313,44 \dots\dots\dots(4.1)$$

4.2 Karakterisasi sensor

Prinsip dari penelitian ini adalah pengukuran level air yang disebabkan oleh penambahan volume beban dilakukan menggunakan alat yang sudah dirancang, dengan sensor yang digunakan adalah Rotary encoder E50S8 yang memiliki sensitifitas 500 pulsa / putaran. Sehingga untuk menentukan sensitifitas yang diinginkan dapat dilakukan dengan menentukan diameter gear yang akan dipakai yang sesuai dengan tujuan dan kebutuhan. Pada penelitian ini gear yang digunakan memiliki ketelitian 1 mm sehingga setiap gear berputar sebesar 1mm maka sensor akan menghasilkan satu pulsa, dan dari banyak pulsa tersebut dapat dihitung untuk mengetahui level air yang terukur. Data pengukuran level pada penelitian ini ditampilkan seperti pada table dibawah ini :

Tabel 4.2 Data karakterisasi sensor berdasarkan level air

no	Rata-rata level air	Pengukuran ke- (pulsa/mm)			rata-rata
		1	2	3	
1	180	0	0	0	
2	181.75	4	2	4	3.333333
3	183.5	6	5	6	5.666667
4	187.25	7	8	7	7.333333
5	190.5	9	11	9	9.666667
6	194	10	13	12	11.66667
7	197.75	12	16	15	14.33333
8	200.25	17	18	18	17.66667
9	203.5	21	20	21	20.66667
10	206.75	24	23	23	23.33333
11	209.75	27	26	26	26.33333
12	213	31	30	28	29.66667
13	216.5	33	34	30	32.33333

14	219.75	37	39	35	37
15	222.5	43	44	41	42.66667
16	224.75	49	48	45	47.33333

Pada Tabel 4.2 diatas terlihat bahwa saat kondisi awal atau ketika level 180 mm tidak ada pulsa yang terukur, hal itu karena pada kondisi itu adalah titik awal dan dimana sensor belum mengalami perputaran samasekali. pada kondisi ini bandul masih dalam keadaan diam sehingga sensor belum melakukan pembacaan maka dalam pengukuran penelitian tugas akhir ini kondisi tersebut dianggap kondisi awal. Untuk perhitungan nilai level air terhadap titik awal dapat dilihat dilampiran.

Pada pengukuran data yang didapatkan masih dalam bentuk pulsa sehingga perlu dikonversi ke level (mm), sehingga diperlukan persamaan untuk menghitung level air yang terukur. Perhitungan level dapat ditunjukkan melalui grafik dibawah ini:



Gambar 4 5 Grafik hubungan antara level air terhadap banyak pulsa yang terbaca

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa banyak pulsa yang terbaca linier dengan tinggi dari level air, semakin tinggi level maka semakin

banyak pulsa yang terbaca dan dari grafik didapatkan persamaan untuk menghitung level air dari banyaknya pulsa yang terbaca oleh sensor. Didapatkan persamaan sebagai berikut

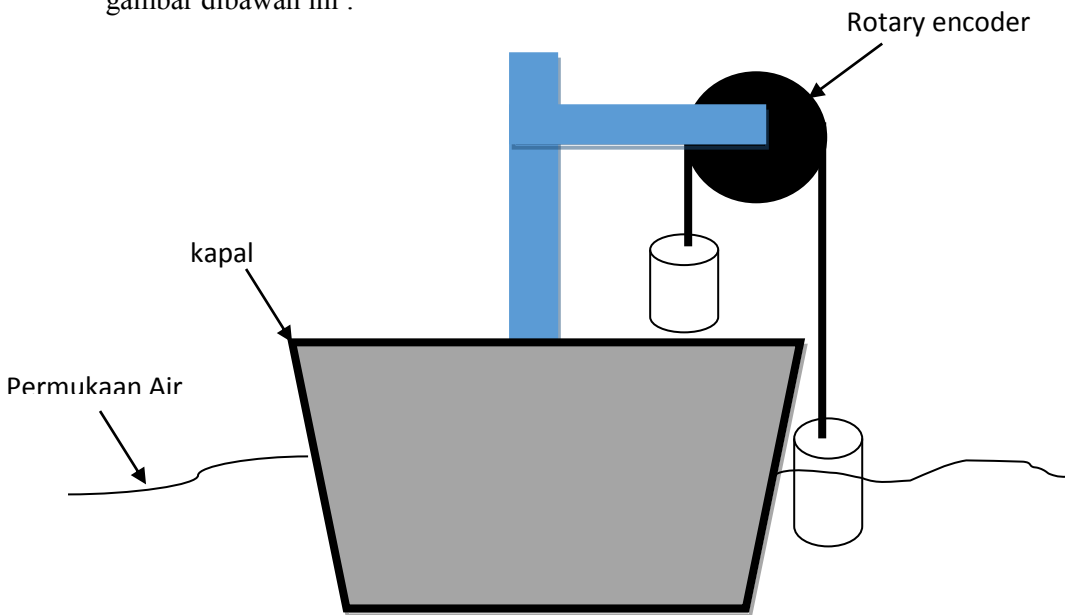
$$y = 1,0198x + 1,065 \dots\dots\dots(4.2)$$

Yang berarti bahwa nilai $level = 1,0198(pulsa) + 1,0657$

Persamaan diatas dapat digunakan untuk menentukan level air dari pembacaan Rotary encoder saat pengukuran

4.3 Pengukuran Menggunakan rancangan Alat

Pengukuran level air dilakukan seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.6 Pengukuran berat beban diatas kapal

Setelah dilakukan pengukuran didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.3 Data pengukuran alat

no	data pengukuran (pulsa)
1	0
2	2
3	5
4	8
5	11
6	13
7	16
8	18
9	20
10	23
11	26
12	30
13	34
14	39
15	44
16	48

Untuk mengetahui level air yang terukur maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.2, dan untuk perhitungan volume selanjutnya dimasukkan ke persamaan 4.1, misal perhitungan pada data nomer 5 dengan banyak pulsa yang terukur 11 pulsa maka level yang terukur adalah

$$level = 1,0198(pulsa) + 1,0657$$

$$level = 1,019(11) + 1,0657$$

$$level = 12,27mm$$

Sehingga didapatkan untuk pengukuran sebanyak 11 pulsa sisapatkan level 12,32 mm, Selanjutnya untuk menghitung volume dapat menggunakan persamaan 4.1 sehingga didapatkan

$$volume = 157,32(level) + 313,44 \dots\dots\dots(4.1)$$

$$volume = 157,32(12,32) + 313,44$$

$$volume = 2251,62 \text{ ml}$$

jadi untuk pengukuran Rotary encoder yang menghasilkan pulsa sebanyak 11 pulsa volume benda yang diukur adalah 2251,62 ml, dari tabel 4.3 didapatkan rata-rata pengukuran berat benda dengan alat sebesar $(0,83 \pm 0,014)$ Kg dan rata-rata kenaikan level tiap pertambahan $\Delta V = 500$ ml adalah $(3,2 \pm 0,14)$ mm sehingga dari setiap pembacaan satu pulsa menghitung berat $(0,253 \pm 0,003)$ Kg. dan maksimal pengukuran yang dapat diukur oleh alat adalah 65535 mm nilai maksimum bernilai 65535 karena tipe data yang dipakai adalah short integer, dan ketelitian alat yang dirancang adalah 1mm jadi maksimum pengukuran yang dapat dilakukan oleh alat ukur yaitu 65535 mm, perhitungan selengkapanya dapat dilihat pada lampiran.

4.4 Perhitungan error

Dari data pengukuran pada Tabel 4.3 dapat dilakukan perhitungan ketidakpastian hasil pengukuran dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, yang ditunjukkan sebagaimana dibawah ini, Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan regresi linier yang didapatkan dari

grafik hubungan penambahan volume dengan hasil pengukuran Rotary encoder.dengan persamaan regresi sebagai berikut :

$$y = mx + n$$

m = Gradien terbaik

n = koefisien n terbaik

persamaan yang didapatkan adalah

$$y = 156,2x + 490,75$$

$$m = 156,2$$

$$n = 490,75$$

dan perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus berikut

$$\Delta = N \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2 \dots\dots\dots(4.3)$$

$$Sy^2 = \frac{1}{N-2} \left\{ \sum Yi^2 - \frac{\sum Xi^2 (\sum Yi)^2 - 2 \sum Xi (\sum Xi Yi) \sum Yi + N (\sum Xi Yi)^2}{\Delta} \right\} \dots\dots\dots(4.4)$$

$$Sm = Sy \sqrt{\frac{N}{\Delta}} \dots\dots\dots(4.5)$$

$$Sn = Sy \sqrt{\frac{\sum Xi^2}{\Delta}} \dots\dots\dots(4.6)$$

$$\Delta V = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial m}\right)^2 Sm + \left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)^2 Sn} \dots\dots\dots(4.7)$$

Dari persamaan 4.7 maka didapatkan hasil perhitungan nilai ketidaksamaan volume sebesar $\pm 0,014$ kg . perhitungan selengkapnya dapat dilihat dilampiran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan judul “Aplikasi Hukum Archimedes sebagai pengukurab berat benda pada kapal berbasis Arduino menggunakan Rotary encoder” maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengukuran berat benda diatas kapal berdasarkan pengukuran level air dapat dilakukan dengan menggunakan Rotary encoder.
2. Sensor level air yang dirancang mampu digunakan dengan baik sesuai dengan rata-rata pengukuran berat benda dengan alat sebesar $(0,83 \pm 0,014)$ Kg dan rata-rata kenaikan level tiap pertambahan $\Delta V = 500$ ml adalah $(3,2 \pm 0,14)$ mm sehingga dari setiap pembacaan satu pulsa menghitung berat $(0,253 \pm 0,003)$ Kg dan dengan maksimal pengukuran 65535 mm.
3. prinsip kerja rotary encoder yaitu membaca pergerakan dan posisi.

5.2 Saran

Untuk penelitian berikutnya disarankan agar menggunakan desain mekanik yang lebih baik , terutama pada pemakaian gear. disarankan juga pengiriman data dilakukan melalui internet atau database karena pada penelitian ini pengiriman data hanya melaui serial komputer. Saran lain yaitu pembuatan bandul ddibuat dengan lebih baik, Selain itu bisa sensor level agar dapat dibuat kontrol secara otomatis dalam pengisian maupun pengurangan, karena dalam penelitian ini cara yang dilakukan masih manual dalam pengisian dan pengurangan berat benda untuk menambah dan mengurangi ketinggian level air.

“Halaman ini sengaja dikosongkan “

LAMPIRAN A

Program Pembacaan level air dengan Arduino Uno

```
volatile long int count;

volatile float tinggi;

long int waktu;

#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(9,8,7,6,5,4);

String textFromSerial="";


void setup(){

    pinMode(3,INPUT);

    pinMode(2,INPUT);

    lcd.begin(16,2);


    lcd.setCursor(0,0);

    lcd.print("pengambilan data tugas akhir");

    Serial.begin(9600);

    attachInterrupt(0, counter, RISING);

}
```

```

void loop(){

  /*while(Serial.available()>0){

    char data= Serial.read();

    if (data=="\n")

    {

      lcd.setCursor(0,1);

      lcd.print(textFromSerial);

      textFromSerial="";

    }

    else{

      if (data!="\r"){

        textFromSerial +=data;

      }

    }

  }*/

  if(millis()-waktu>=100){

    tinggi=((float)count*200/500);

    Serial.print("tinggi= ");

```

```
Serial.print(tinggi,DEC);  
  
Serial.println(" mm");  
  
lcd.setCursor(0,0);  
  
lcd.print(" h = ");  
  
lcd.print(tinggi,DEC);  
  
lcd.setCursor(0,1);  
  
lcd.print("pulsa=5mm x ");  
  
lcd.print(tinggi,DEC);  
  
//lcd.println(" mm");  
  
  
waktu=waktu+100;  
  
}  
  
}  
  
  
void counter(){  
  
    if(digitalRead(3)==0)count++;  
  
    else count--;  
  
}
```

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B

Data kalibrator dan data hasil pengukuran

Tabel data kalibrator

No	volume(ml)	level(mm)					rata-rata
		1	2	3	4	5	
0	0+wadah	180	180	180	180	180	180
1	500	182	182	181	182	182	181.75
2	1000	184	184	183	183	184	183.5
3	1500	187	188	187	187	187	187.25
4	2000	191	191	190	190	190	190.5
5	2500	194	195	194	193	194	194
6	3000	198	198	197	198	198	197.75
7	3500	200	201	200	200	201	200.25
8	4000	204	204	203	203	204	203.5
9	4500	207	207	206	207	207	206.75
10	5000	210	210	209	210	210	209.75
11	5500	213	213	212	214	212	213
12	6000	216	216	216	218	217	216.5
13	6500	219	220	220	220	219	219.75
14	7000	222	223	222	223	221	222.5
15	7500	225	225	224	225	226	224.75

Tabel data hasil pengukuran

data pengukuran						
no	volume	Pengukuran ke-				standar deviasi
		1	2	3		
1	wadah+0	181	181	181	rata-rata	
2	500	4	2	4	3.333333	1.154701
3	1000	6	5	6	5.666667	0.57735
4	1500	7	8	7	7.333333	0.57735
5	2000	9	11	9	9.666667	1.154701
6	2500	10	13	12	11.66667	1.527525
7	3000	12	16	15	14.33333	2.081666
8	3500	17	18	18	17.66667	0.57735
9	4000	21	20	21	20.66667	0.57735
10	4500	24	23	23	23.33333	0.57735
11	5000	27	26	26	26.33333	0.57735
12	5500	31	30	28	29.66667	1.527525
13	6000	33	34	30	32.33333	2.081666
14	6500	37	39	35	37	2
15	7000	43	44	41	42.66667	1.527525
16	7500	49	48	45	47.33333	2.081666

Data hasil pengukuran alar yang dirancang

no	data pengukuran (pulsa)
1	0
2	2
3	5
4	8
5	11
6	13
7	16
8	18
9	20
10	23
11	26
12	30
13	34
14	39
15	44
16	48

Data perhitungan level dengan titik awal

no	pulsa	level	level - titik awal
1	0	180	0
2	3.333333	181.75	1.75
3	5.666667	183.5	3.5
4	7.333333	187.25	7.25
5	9.666667	190.5	10.5
6	11.66667	194	14

7	14.33333	197.75	17.75
8	17.66667	200.25	20.25
9	20.66667	203.5	23.5
10	23.33333	206.75	26.75
11	26.33333	209.75	29.75
12	29.66667	213	33
13	32.33333	216.5	36.5
14	37	219.75	39.75
15	42.66667	222.5	42.5
16	47.33333	224.75	44.75

Data perhitungan level air dari pembacaan Pulsa Rotary encoder

no	data pengukuran	Perhitungan Level
1	2	3.1037
2	5	6.1607
3	8	9.2177
4	11	12.2747
5	13	14.3127
6	16	17.3697
7	18	19.4077
8	20	21.4457
9	23	24.5027
10	26	27.5597
11	30	31.6357
12	34	35.7117
13	39	40.8067

14	44	45.9017
15	48	49.9777

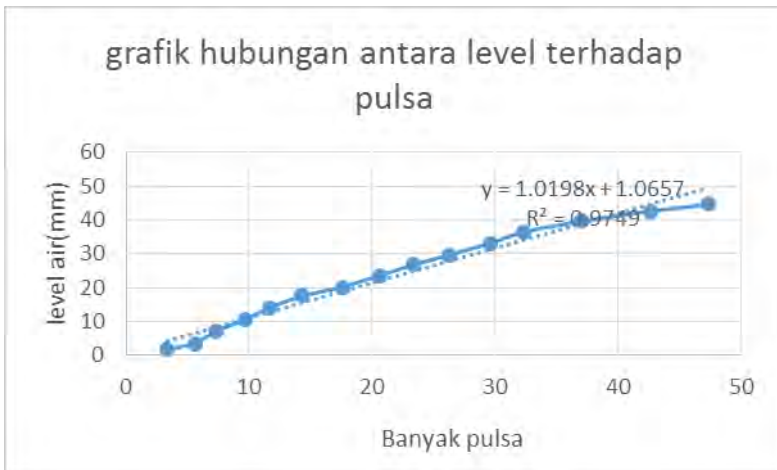
Data perhitungan volume

no	level	volume
1	3.1037	801.7141
2	6.1607	1282.641
3	9.2177	1763.569
4	12.2747	2244.496
5	14.3127	2565.114
6	17.3697	3046.041
7	19.4077	3366.659
8	21.4457	3687.278
9	24.5027	4168.205
10	27.5597	4649.132
11	31.6357	5290.368
12	35.7117	5931.605
13	40.8067	6733.15
14	45.9017	7534.695
15	49.9777	8175.932

Data perhitungan ketidakpastian level

	Xi	Yi	(XiYi)	Xi ²	Yi ²
no	pulsa	level			
1	wadah+0	0			
2	3.333333	1.75	5.833333	11.11111	3.0625
3	5.666667	3.5	19.83333	32.11111	12.25
4	7.333333	7.25	53.16667	53.77778	52.5625
5	9.666667	10.5	101.5	93.44444	110.25
6	11.66667	14	163.3333	136.1111	196
7	14.33333	17.75	254.4167	205.4444	315.0625
8	17.66667	20.25	357.75	312.1111	410.0625
9	20.66667	23.5	485.6667	427.1111	552.25
10	23.33333	26.75	624.1667	544.4444	715.5625
11	26.33333	29.75	783.4167	693.4444	885.0625
12	29.66667	33	979	880.1111	1089
13	32.33333	36.5	1180.167	1045.444	1332.25
14	37	39.75	1470.75	1369	1580.063
15	42.66667	42.5	1813.333	1820.444	1806.25
16	47.33333	44.75	2118.167	2240.444	2002.563
Jumlah	329	351.5	10410.5	9864.556	11062.25

Grafik hubungan antara level air dengan pulsa dapat dilihat seperti dibawah ini :



dari grafik diatas dapat diketahui nilai m dan n yang akan digunakan untuk perhitungan error level dimana $m=1,019$ dan $n=1,0657$, setelah diketahui m dan n maka dapat dilakukan perhitungan error level seperti pada table dibawah ini :

dengan nilai $\Delta = 39727.33$ maka

sy^2	sy	sn	sm	Δv	pulsa
5.462851	2.337274	1.164672	0.045416	1.160318	2
5.462851	2.337274	1.164672	0.045416	1.25436	3
5.462851	2.337274	1.164672	0.045416	1.25436	3
5.462851	2.337274	1.164672	0.045416	1.25436	3
5.462851	2.337274	1.164672	0.045416	1.160318	2
5.462851	2.337274	1.164672	0.045416	1.25436	3
5.462851	2.337274	1.164672	0.045416	1.160318	2
5.462851	2.337274	1.164672	0.045416	1.160318	2
5.462851	2.337274	1.164672	0.045416	1.25436	3

5.462851	2.337274	1.164672	0.045416	1.25436	3
5.462851	2.337274	1.164672	0.045416	1.375257	4
5.462851	2.337274	1.164672	0.045416	1.375257	4
5.462851	2.337274	1.164672	0.045416	1.5166	5
5.462851	2.337274	1.164672	0.045416	1.5166	5
5.462851	2.337274	1.164672	0.045416	1.375257	4

Data perhitungan ketidakpastian volume

No	X_i	Y_i	$(X_i Y_i)$	X_i^2	Y_i^2
1	0	$V_0 + \Delta V$			
2	2	500	1000	4	250000
3	5	1000	5000	25	1000000
4	8	1500	12000	64	2250000
5	11	2000	22000	121	4000000
6	13	2500	32500	169	6250000
7	16	3000	48000	256	9000000
8	18	3500	63000	324	12250000
9	20	4000	80000	400	16000000
10	23	4500	103500	529	20250000
11	26	5000	130000	676	25000000
12	30	5500	165000	900	30250000
13	34	6000	204000	1156	36000000
14	39	6500	253500	1521	42250000
15	44	7000	308000	1936	49000000
16	48	7500	360000	2304	56250000
Jumlah	337	60000	1787500	10385	3.1E+08

Grafik hubungan antara volume dengan pulsa dapat dilihat seperti dibawah ini :



dari grafik diatas dapat diketahui nilai m dan n yang akan digunakan untuk perhitungan error level dimana $m=156,2$ dan $n=490,75$, setelah diketahui m dan n maka dapat dilakukan perhitungan error level seperti pada table dibawah ini :

dengan nilai $\Delta = 42206$ maka

Sy^2	sy	Sm	Sn	Δv
103915.6846	322.359558	6.077138	159.903	15.08068

103915.6846	322.359558	6.077138	159.903	13.89207
103915.6846	322.359558	6.077138	159.903	13.29601
103915.6846	322.359558	6.077138	159.903	13.89207
103915.6846	322.359558	6.077138	159.903	13.57246
103915.6846	322.359558	6.077138	159.903	14.25196
103915.6846	322.359558	6.077138	159.903	15.08068
103915.6846	322.359558	6.077138	159.903	14.64914
103915.6846	322.359558	6.077138	159.903	14.25196
103915.6846	322.359558	6.077138	159.903	14.64914
103915.6846	322.359558	6.077138	159.903	15.08068
103915.6846	322.359558	6.077138	159.903	14.25196
103915.6846	322.359558	6.077138	159.903	17.09531
103915.6846	322.359558	6.077138	159.903	18.84268
103915.6846	322.359558	6.077138	159.903	17.09531
Rata-rata				14.99881

Data perhitungan berat beban

no	level	volume	berat
1	3.333333	837.8399	0.83784

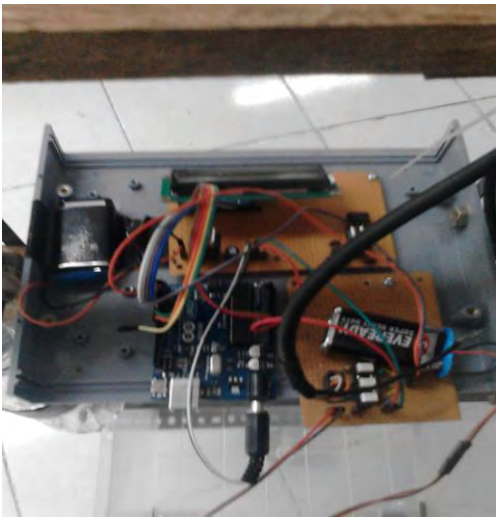
2	5.666667	1204.92	1.20492
3	7.333333	1467.12	1.46712
4	9.666667	1834.2	1.8342
5	11.66667	2148.841	2.148841
6	14.33333	2568.359	2.568359
7	17.66667	3092.761	3.092761
8	20.66667	3564.721	3.564721
9	23.33333	3984.239	3.984239
10	26.33333	4456.199	4.456199
11	29.66667	4980.601	4.980601
12	32.33333	5400.119	5.400119
13	37	6134.28	6.13428
14	42.66667	7025.761	7.025761
15	47.33333	7759.919	7.759919

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN C

Dokumentaasi





DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	program pembacaan level air Arduino37
LAMPIRAN B	data kalibrator dan data hasil pengukuran41
LAMPIRAN C	Foto Pengambilan Data53

”Halaman ini sengaja dikosongkan”